



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 51 119 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 02 K 9/19**

⑳ Aktenzeichen: 196 51 119.4  
㉔ Anmeldetag: 9. 12. 96  
㉕ Offenlegungstag: 16. 7. 98

DE 196 51 119 A 1

㉑ Anmelder:  
Magnet-Motor Gesellschaft für magnetmotorische  
Technik mbH, 82319 Starnberg, DE

㉒ Vertreter:  
Klunker und Kollegen, 80797 München

㉓ Erfinder:  
Ehrhart, Peter, Dr., 81375 München, DE; Weck,  
Werner, Dr., 82319 Starnberg, DE

㉔ Entgegenhaltungen:

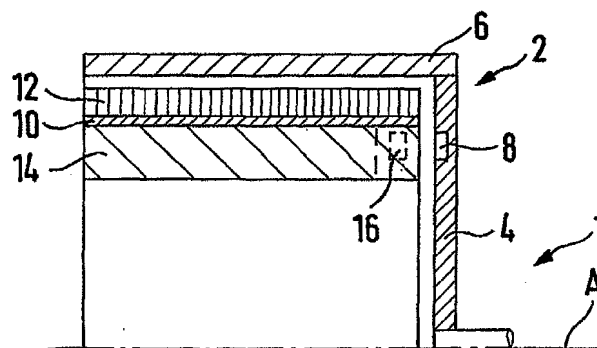
|       |              |
|-------|--------------|
| DE    | 44 07 713 C1 |
| DE    | 36 35 297 C1 |
| DE    | 44 11 055 A1 |
| DE    | 43 15 280 A1 |
| DE    | 42 13 132 A1 |
| DE    | 26 59 482 A1 |
| DE-GM | 19 67 298    |
| DE-GM | 18 13 190    |
| CH    | 2 11 365     |
| US    | 26 18 756    |
| US    | 14 51 577    |

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉕ Elektrische Maschine mit integriertem Wärmetauscher

㉖ Eine elektrische Maschine (Elektromotor oder elektrischer Generator) (1) enthält einen dem auf einem Statorträger (10) angeordneten Stator (12) zugeordneten, integrierten Wärmetauscher (14) mit innerem, geschlossenem Kühlkreislauf. Der Motor ist grundsätzlich an einer externen Kühleinrichtung angeschlossen, die ein weiterer Wärmetauscher, ein Flüssigkeitskreislauf oder eine Luftkühlung sein kann. Der integrierte Wärmetauscher (14) entzieht dem inneren, geschlossenen Kühlkreislauf Wärme und sorgt dafür, daß die Verlustleistung des Stators nach außen an die externe Kühleinrichtung abgeführt wird. Dabei bleibt der innere, geschlossene Kühlkreislauf unberührt, so daß keine Schäden durch Verunreinigung des externen Kühlkreislaufs in der Maschine entstehen können.



DE 196 51 119 A 1

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, mit einem Stator, einem Rotor, und einer Kühleinrichtung zum Kühlen des Stators mit einem Kühlkreislauf, in dem eine Kühlflüssigkeit umgewälzt wird, welche als Wärmesenke für in dem Stator anfallende Wärmeenergie dient.

Abhängig von Bauart und Leistung bedürfen elektrische Maschinen, das sind hier speziell drehende Elektromotoren und Generatoren, ab einer bestimmten Größe und Ausnutzung einer speziellen Kühleinrichtung.

Aus dem Stand der Technik sind zahlreiche Maßnahmen zum Kühlen von elektrischen Motoren und Generatoren bekannt. Es ist zum Beispiel bekannt, an dem Läufer eines Motors Flügel anzubringen, die im Motorgehäuse einen Kühlungsluftstrom erzeugen. Außerdem ist es bekannt, auf der Motorachse ein Lüfterrad anzuordnen.

Außer der Luftkühlung ist noch die Flüssigkühlung bekannt. Hierzu sind speziell in dem Stator der elektrischen Maschine oder in dem Statorträger Kühlkanäle ausgebildet, die über Ein- und Auslaßanschlüsse an einen externen Kühlkreis angeschlossen werden können. Bei Kraftfahrzeugen bietet sich als solcher externer Kühlkreislauf der Kühlkreislauf des wassergekühlten Verbrennungsmotors an. Es gibt auch Motoren mit Kühlkanälen und Anschlüssen, die an eine spezielle Kühlvorrichtung angeschlossen werden müssen, wobei es dem Käufer bzw. Benutzer der elektrischen Maschine überlassen bleibt, die Maschine an einen geeigneten Kühlkreislauf anzuschließen.

Es wurde nun festgestellt, daß es durch das Anschließen der elektrischen Maschine an eine externe Kühlvorrichtung häufig zu Beeinträchtigungen und Beschädigungen der Maschine bzw. deren Kühlsystem kommt. Wenn zum Beispiel Metallspäne durch den Kühlkreislauf in die Maschine gelangen, oder wenn der Kühlkreislauf mit einem ungeeigneten Kühlmittel befüllt wird, kommt es zu erheblichen Beeinträchtigungen beim Betrieb der Maschine. Verunreinigungen in dem Kühlsystem können die Kühleinrichtung im Inneren der Maschine bleibend beschädigen, ohne daß dies sofort erkannt wird.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich speziell auf solche elektrische Maschinen, die von dem Benutzer vor der Inbetriebnahme mit einer externen Kühleinrichtung ausgestattet werden müssen, wobei aber dennoch die Gefahr auszuschließen ist, daß etwa bei Verunreinigung des Kühlmittels oder bei Verwendung eines falschen Kühlmittels der externen Kühlung sich eine Beschädigung der maschineneigenen Kühlung oder eine Beeinträchtigung des Betriebs der Maschine ergibt.

Um dies zu erreichen, sieht die Erfindung bei einer elektrischen Maschine der oben genannten Art vor, daß ein interner, geschlossener Kühlkreislauf gebildet wird, welcher integraler Bestandteil der elektrischen Maschine ist und einen Wärmetauscher aufweist, welcher Wärmeenergie aus dem inneren Kühlkreislauf an eine externe Wärmesenke abgibt.

Durch diese Maßnahme ist sichergestellt, daß sich in dem in die elektrische Maschine integrierten "inneren Kühlkreislauf" nur das herstellenseitig eingefüllte Kühlmittel (Wasser oder eine andere Kühlflüssigkeit) befindet, die auf keinen Fall eine Beschädigung des Kühlkreislaufes hervorrufen kann oder den Betrieb der Maschine beeinträchtigt.

Der Benutzer einer mit einer solchen Kühlung ausgestatteten elektrischen Maschine muß zwar dafür sorgen, daß die "externe Wärmesenke" bereitgestellt wird, die zum Beispiel durch das flüssige Kühlmittel einer Kühlung eines Verbrennungsmotors oder durch einen Luftstrom gebildet wird, allerdings hat dabei der Benutzer keine Gelegenheit mehr, durch Unwissenheit oder Unachtsamkeit eine Beeinträchti-

gung der Maschine oder eine Beschädigung von deren Kühleinrichtung zu verursachen.

Die Erfindung ist anwendbar bei Maschinen in Innenläuferbauweise mit radial außen liegendem Stator, gleichermaßen auch bei Maschinen in Außenläuferbauweise mit radial innen liegendem Stator. Der Stator selbst besteht aus Statoreisen und Spulen und ist auf oder an einem Statorträger gelagert. Die Kühlung mittels des inneren Kühlkreislaufs kann dabei auf mehrere Arten bewerkstelligt werden. Zum einen ist es eine indirekte Kühlung, bei der die Verlustwärme des Stators über das Statoreisen nach außen auf den Statorträger geführt wird. Dafür ist eine formschlüssige Lagerung bzw. Verbindung zwischen Stator und Statorträger notwendig, wobei dann die anfallende Wärme mittels des inneren Kühlkreislaufs aus dem Statorträger abgeleitet wird. Zum anderen ist eine direkte Kühlung des Statoreisens und/oder der Spulen des Stators mit der Kühlflüssigkeit des inneren Kühlkreislaufs möglich.

Wie oben erläutert wurde, besteht ein grundlegender Gedanke der Erfindung darin, die Maschine mit einem integrierten Kühlkreislauf auszustatten, so daß durch das immer notwendige Anschließen einer externen Kühlung das Kühlmittel in dem internen, geschlossenen Kühlkreislauf nicht betroffen wird. Natürlich muß aus dem inneren, geschlossenen Kühlkreislauf die auf das darin umgewälzte Kühlmittel übertragene Wärmeenergie nach außen abgeführt werden. Hierzu dient der erfindungsgemäße Wärmetauscher. Ein Wärmetauscher dient bekanntlich für die Übertragung von Wärmeenergie aus einem ersten Medium in ein zweites Medium.

In beiden Fällen, also sowohl bei einer Maschine in Innenläuferbauweise, als auch bei einer Maschine in Außenläuferbauweise, ist der Wärmetauscher erfindungsgemäß ein zylindrischer oder hohlzylindrischer Körper, der direkt an oder in dem Stator bzw. dem Statorträger integriert ist. Wenn dabei die axialen Abmessungen des Körpers denjenigen des Stators bzw. des Statorträgers entsprechen, wird trotz der integrierten Kühlung die Form der Maschine praktisch nicht verändert. Ähnliches gilt für den Fall, daß der Körper bzw. Wärmetauscher an einer Stirnseite, vorzugsweise an beiden Stirnseiten des Stators bzw. des Statorträgers montiert ist und vorzugsweise dessen radiale Abmessungen nicht über- bzw. unterschreitet. Ein bevorzugter Gedanke der Erfindung liegt darin, den Wärmetauscher und den Stator nicht nur funktionell, sondern auch mechanisch zu integrieren. Hierzu sieht die Erfindung vor, daß der Stator bzw. der Statorträger einerseits und der Wärmetauscher andererseits als getrennte, zusammengebaute mechanische Teile ausgeführt sind. In einer Alternative ist vorgesehen, daß der Statorträger und der Wärmetauscher einteilig ausgebildet sind. Der Wärmetauscher selbst wird hier als Statorträger ausgestaltet, hat zum Beispiel die Form eines Gußteils mit darin befindlichen Kühlkanälen. Der Wärmetauscher ist damit Bestandteil der elektrischen Maschine.

Um eine ausreichende Umwälzung der Kühlflüssigkeit in dem Kühlkreislauf zu gewährleisten, enthält letzterer eine eigene Kühlmittelpumpe.

Der Wärmetauscher enthält nicht nur die Kanäle für den inneren Kühlkreislauf, sondern außerdem benachbarte Kanäle für den sekundären Kühlkreislauf, der von dem Benutzer der Maschine mit einem geeigneten Kühlmedium versorgt werden muß. Der Wärmetauscher wird hierbei durch die Kanäle des inneren bzw. des äußeren Kühlkreislaufs und dem zwischen den Kanälen befindlichen Material gebildet.

Der Wärmeübergang erfolgt bei der erfindungsgemäßen Maschine also von dem Stator direkt oder indirekt über den Statorträger zu dem inneren Kühlkreislauf, und von der in dem inneren Kühlkreislauf zirkulierenden Kühlflüssigkeit

zu einer externen Wärmesenke, die beispielsweise als Sekundär-Kühlkreislauf mit einer Kühlflüssigkeit ausgebildet ist. Man erkennt, daß als externe Wärmesenke auch ein Luft- oder anderer Gasstrom in Betracht kommt.

In einer einfachen Ausführungsform sieht die Erfindung vor, daß die Kühlmittelpumpe eine Thermostatregelung aufweist.

Wesentlich günstiger ist es jedoch, wenn eine Steuerung vorgesehen ist, die als Eingangsgröße die für die im Maschinenbetrieb abgegebene Leistung, das abgeforderte Drehmoment oder einen damit zusammenhängenden Parameterwert empfängt, daraus die zu erwartende Stator-Verlustleistung errechnet, und dementsprechend vorausschauend den Betrieb der Kühlmittelpumpe steuert. Eine solche vorausschauende Steuerung hat den Vorteil, daß die Kühlmittelpumpe immer direkt mit den anfallenden Verlusten geführt wird und keine sogenannten Wärmestaus, zu hohe Kühlmitteltemperatur durch zu spät bzw. verzögert einsetzende Pumpenwirkung, auftreten können.

Man kann zwar die Kühlmittelpumpe durch eine externe Spannungsversorgung antreiben, bevorzugt wird jedoch ein Antrieb durch den Rotor, insbesondere dergestalt, daß der Rotor Zusatzmagnete enthält, die einen im Inneren des Wärmetauschers ausgebildeten Pumpenantrieb bewegen.

Es ist besonders bevorzugt die Kühlmittelverbindungsleitungen zwischen dem zu kühlenden Stator und dem Wärmetauscher nicht außerhalb dieser Teile zu führen, sondern sie innerhalb zu führen. Hierdurch wird zwar die Montageflexibilität herabgesetzt, andererseits jedoch das benötigte Volumen durch die noch höhere Integration noch weiter verringert. Bei dieser Bauart ist es dann besonders günstig, die externen Kanäle, d. h. diejenigen zur äußeren Wärmesenke in unmittelbarer Nachbarschaft zu den inneren Verbindungen zu verlegen. Dadurch wird die effektive Wärmetauscherwirkfläche weiter erhöht.

Wie gesagt, kann als externe Wärmesenke ein Sekundär-Flüssigkeitskreislauf verwendet werden, möglich ist jedoch auch eine externe Luftkühlung, um dem internen Kühlkreislauf Wärmeenergie abzuziehen. Für den Benutzer ist die erfindungsgemäße elektrische Maschine dann eine im Prinzip luftgekühlte Maschine, was in bestimmten Anwendungsfällen vorteilhaft ist, beispielsweise dann, wenn ein Sekundär-Flüssigkeitskreislauf nicht ohne besonderen Aufwand bereitgestellt werden kann.

Aus den oben erläuterten Besonderheiten und Vorteilen der erfindungsgemäßen Maschine und deren spezielle Ausgestaltungen ist ersichtlich, daß durch den erfindungsgemäßen Vorschlag eine klar definierte Kühlungsschnittstelle gebildet wird, an der die externe Wärmesenke anzuschließen ist.

Während bei üblichen flüssigkeitsgekühlten elektrischen Maschinen herstellerseitig bestimmte Spezifikationen vorgegeben wurden, die der Benutzer der Maschine bei dem Anschluß der externen Kühlung und deren Betrieb zu beachten hatte, bestehen derartige Auflagen bei der erfindungsgemäßen Maschine allenfalls nur noch in sehr geringem Umfang. Im Grunde genommen muß der Benutzer der Maschine nur wissen, wieviel Wärmeabfuhr seine externe Kühlung pro Zeiteinheit leisten muß.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** eine Teil-Längsschnittansicht durch einen Elektromotor in Außenläuferbauweise;

**Fig. 2** eine Teil-Längsschnittansicht durch einen Elektromotor in Innenläuferbauweise;

**Fig. 3** ein schematisches, funktionelles Diagramm einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine mit integrierter Kühleinrichtung;

**Fig. 4** eine schematische Radial-Schnittansicht durch den Stator des in **Fig. 1** gezeigten Elektromotors mit integriertem Wärmetauscher; und

**Fig. 5** eine schematische Radial-Schnittansicht durch eine gegenüber **Fig. 4** abgewandelte Ausführungsform eines Stators mit stirnseitig integriertem Wärmetauscher.

Im folgenden soll die Erfindung in Verbindung mit einem dauermagnetisch erregtem Elektromotor mit elektronischer Kommutierung beschrieben werden. Dieser Elektromotor kann auch als Generator betrieben werden. Grundsätzlich versteht der Fachmann jedoch, daß die hier beschriebenen Besonderheiten bezüglich der integrierten Kühlung auch bei anderen aufgebauten elektrischen Maschinen eingesetzt werden können.

Der in **Fig. 1** dargestellte Elektromotor **1** besitzt einen um eine Drehachse **A** drehenden topfförmigen Rotor **2** mit einem Stirnflächenteil **4** und einem Umfangsteil **6**. In dem durch den topfförmigen Rotor gebildeten Hohlraum steht auf einem Statorträger **10** ein Stator **12** mit üblichem Aufbau, das heißt mit Statoreisen und Statorspulen, die hier nicht im einzelnen dargestellt sind.

Der Statorträger **10** und der Stator **12** bilden einen hohlzylindrischen Körper, wobei die Außenfläche des Stators **12** der Innenfläche des Umfangsteils **6** des Rotors **2** über einem Luftspalt gegenübersteht. Die Stromversorgung des Stators **12** und die Schaltung für die elektronische Kommutierung sind hier nicht näher dargestellt, sind dem Fachmann jedoch geläufig.

Auf der Innenseite des Statorträgers **10** befindet sich ein Wärmetauscherkörper **14**, zu dem eine Kühlmittelpumpe **16** gehört. Der im folgenden noch näher erläuterte Wärmetauscherkörper **14** mit der Kühlmittelpumpe **16** bildet mit der Kühleinrichtung des Stators einen inneren, geschlossenen Kühlkreislauf, der mit flüssigem Kühlmittel (zum Beispiel Wasser) herstellerseitig gefüllt ist und vor sowie während des Betriebs und Einsatzes des Motors nicht geöffnet wird.

Angetrieben wird die Kühlmittelpumpe durch in den Stirnflächenteil **4** des Rotors **2** eingebaute Magnete **8**. Bei der Drehung des Rotors **2** um die Achse **A** bilden die Magnete **8** mit gegenüberliegenden Teilen der Kühlmittelpumpe **16** eine Art magnetische Kupplung, so daß sich die Kühlmittelpumpe **16** dreht und in dem im folgenden noch näher zu beschreibenden Kühlkreislauf eine Kühlmittelströmung aufrechterhält, so lange sich der Rotor dreht.

Es sei bereits jetzt darauf hingewiesen, daß die Art des Antriebs der Kühlmittelpumpe **16** auch anders gewählt sein kann. Es kann zum Beispiel eine externe Spannungsquelle zum Betreiben einer eingebauten elektrischen Kühlmittelpumpe vorgesehen werden.

Wie aus **Fig. 1** ersichtlich ist, ist der Wärmetauscherkörper **14** ähnlich als Hohlzylinder ausgebildet wie der Statorträger **10** und der Stator **12**. Die Außenfläche des Wärmetauscherkörpers **14** befindet sich in enger Berührung mit der Innenfläche des Statorträgers **10**. Im Betrieb des Motors gelangt folglich Verlustwärme aus dem Stator **12** über den Statorträger **10** in den Wärmetauscherkörper **14** und wird aus diesem in noch zu beschreibender Weise abgeleitet.

In **Fig. 1** ist ferner ersichtlich, daß der Wärmetauscherkörper **14** bezüglich des Statorträgers **10** und des Stators **12** nicht nur in radialer Richtung, sondern auch einseitig oder beidseitig axial an dem Statorträger bzw. dem Stator angeordnet sein kann. Praktischerweise würde dann der Wärmetauscher in radialer Richtung bündig mit dem Statorträger auf der Innenseite und dem Stator auf der Außenseite abschließen, so daß sich nur die axiale Baugröße des Motors verändern würde.

**Fig. 2** zeigt eine andere Ausführungsform eines Elektromotors. Auch dieser Elektromotor ist ein dauermagnetisch

erregter Elektromotor mit elektronischer Kommutierung und kann als Generator betrieben werden. Im Gegensatz zu der Ausführungsform nach Fig. 1 ist der in Fig. 2 gezeigte Elektromotor ein Motor in Innenläuferbauweise. Einem auf der Achse A umlaufenden Rotor 52 liegt außen ein Stator 62 gegenüber, der in üblicher Weise von einem Statorträger 60 getragen wird, der seinerseits auf einem hohlzylindrischen Wärmetauscherkörper 64 angeordnet ist. Die gesamte hohlzylindrische Anordnung aus Stator 62, Statorträger 60 und Wärmetauscherkörper 64 ist an der Innenseite eines Gehäuses 70 montiert, bestehend aus zwei Stirnflächenteilen 63, 65 und einem Umfangsteil 67.

Obschon in Fig. 2 nicht dargestellt, enthält der in den Wärmetauscherkörper 64 integrierte geschlossene Kühlkreislauf eine Kühlmittelpumpe zum Umwälzen der Kühlfüssigkeit.

Wie unten noch ausgeführt werden wird, kann der Wärmetauscherkörper auch gleichzeitig die Funktion des Statorträgers 10 bzw. 60 übernehmen.

Fig. 3 zeigt den funktionellen Zusammenhang der einzelnen Komponenten des Elektromotors mit Kühleinrichtung. Von dem Stator 12 gelangt Verlustleistung beim Betrieb des Motors in Form von Wärmeenergie Q in einen inneren Kühlkreislauf 20 (dieser ist in Fig. 1 und 2 innerhalb Stators 12, 62 bzw. Statorträgers 10, 16 und des Wärmetauscherkörpers 14 bzw. 64 ausgebildet). Aus dem inneren Kühlkreislauf 20 gelangt Wärmeenergie Q an einen Wärmetauscher 50, der die Wärmeenergie aus der Kühlfüssigkeit des inneren Kühlkreislaufs 20 abzieht und beispielsweise an einen äußeren Kühlkreislauf abgibt. Dieser äußere Kühlkreislauf kann zum Beispiel der Kühlkreislauf eines Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeugs sein, in das der Elektromotor eingebaut ist. Es muß sich aber nicht um einen "Kreislauf" handeln, sondern der Wärmetauscher 50 kann die aus dem inneren Kühlkreislauf abgezogene Wärmeenergie auch beispielsweise über einen Gebläseluftstrom an die Umgebung abgeben.

Der Wärmetauscher 50 sorgt im üblichen Sinn also dafür, daß Wärme von einem Fluid (hier: der Kühlfüssigkeit im inneren Kühlkreislauf 20) auf ein anderes Fluid (hier: die Flüssigkeit oder das Gas im äußeren "Kühlkreislauf") übertragen wird.

In Fig. 4 ist eine erste Variante für die Ausgestaltung der Kühleinrichtung in oder an dem Wärmetauscherkörper 14 nach Fig. 1 dargestellt. Man sieht, daß mit entsprechenden Abwandlungen diese Anordnung auch auf einen Motor in Innenläuferbauweise gemäß Fig. 2 angewendet werden kann.

Gemäß Fig. 4 ist der Wärmetauscherkörper 14 nach Fig. 1 speziell als Wärmetauscherkörper 100 aus einem gut wärmeleitenden Vergußmaterial als hohlzylindrischer Körper ausgebildet und hat gleichzeitig die Funktion des Statorträgers. Eine hier schematisch und funktionell dargestellte Kühlmittelpumpe 116 wälzt Wasser als flüssiges Kühlmittel durch einen ersten internen Kanal 120 um, wobei der Kanal 120 aus einer ersten äußeren und einer zweiten inneren Reihe aus Kühlkanalwindungen besteht. Die Strömungsrichtung ist in den einzelnen Kanalquerschnitten angegeben, wobei ein "X" bedeutet, daß die Strömung in die Zeichnungsebene hinein gerichtet ist, während ein bedeutet, daß die Strömung aus der Zeichnungsebene dem Betrachter entgegenläuft.

Die von dem Stator 12 in den Wärmetauscherkörper 100 durch Konvektion übertragene Wärmeenergie wird von dem Kühlwasser in dem Kanal 120 aufgenommen. Der Wärmetauscherkörper 100 übernimmt hierbei gleichzeitig die Funktion des Statorträgers (in einer abgewandelten Ausführungsform kann das Kühlmedium in dem Kanal 120 aber

auch die Statorspulen direkt kühlen, d. h. der innere Kühlkreislauf bindet den Stator direkt ein). Zur Abfuhr dieser Wärmeenergie nach außen sind in dem Wärmetauscherkörper 100 außerdem mehrere Windungen eines weiteren Kanals 122 ausgebildet, die den Windungen des Kanals 120 eng benachbart sind, so daß ein intensiver Wärmeaustausch stattfindet. Die Wärmetauscherfunktion des Wärmetauschers wird aus dem Wärmeübergang zwischen den Kanälen 120 und 122 durch das zwischen ihnen befindliche Material gebildet.

Die Windungen des Kanals 122 sind über Anschlußkanäle 124 und 126 seitlich aus dem Wärmetauscherkörper 100 herausgeführt und besitzen Kupplungsstücke 128 und 130, so daß der Kanal 122 an eine Kühlvorrichtung angeschlossen werden kann. Die Kühlvorrichtung kann zum Beispiel die Kühlung eines flüssigkeitsgeköhlten Verbrennungsmotors sein. Außerdem kann man den Wärmetauscher extern auch mit Luft betreiben. Hierzu wird zum Beispiel ein Gas-(Luft)-Anschluß an die Anschlüsse 128, 130 angeflanscht.

Fig. 5 zeigt eine andere Ausführungsform für den integrierten Wärmetauscher des Elektromotors.

Fig. 5 zeigt schematisch eine Kühlmittelpumpe 216, die Kühlwasser durch einen Kanal 220 pumpt, der aus zwei Lagen von Leitungswindungen in dem Statorträger 200 besteht. An der linken Stirnseite des Statorträgers 200 ist als separates Bauteil ein Wärmetauscherblock 250 angeordnet, durch den ein Stück des Kanals 220 als Kanalstück 222 hindurchgeführt ist. In dem Wärmetauscherblock 250 wird die Wärmeenergie aus dem Kühlwasser in dem Kanalsystem 220, 222 auf ein äußeres Kühlfluid übertragen, welches in einen angedeuteten Fluidkanal 240 strömt. Über Anschlüsse 228 und 230 kann die Kühleinrichtung gemäß Fig. 5 an eine externe Wärmesenke angeschlossen werden, also wiederum beispielsweise an den Kühlkreislauf eines Verbrennungsmotors an einen weiteren Wärmetauscher, oder an einen Luftanschluß.

Man sieht, daß die funktionelle und geometrische Ausgestaltung der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine vielfach abgewandelt werden kann, ohne vom Grundgedanken der Erfindung abzuweichen. Eine Besonderheit der Erfindung liegt auch in der Ansteuerung der Kühlmittelpumpe (16 in Fig. 1; 116 in Fig. 4 und 216 in Fig. 5). Wie eingangs erwähnt, ist die elektrische Maschine als dauermagnetisch erregte Maschine mit elektronischer Kommutierung ausgebildet. Die hierzu vorgesehene elektrische Schaltung kann auch eine Steuerschaltung aufweisen, die für den Betrieb der Kühlmittelpumpe sorgt. Diese Steuerschaltung kann zum Beispiel als Eingangsgrößen Betriebsparameter empfangen, die sich auf den anstehenden Betrieb der elektrischen Maschine beziehen. Wenn der Motor (oder Generator) auf eine bestimmte Leistungsstufe eingestellt wird, so kann die Steuerschaltung ein entsprechendes Signal auswerten und beispielsweise über einen Tabellenspeicher einen Wert ermitteln, der dem Betrieb der Kühlmittelpumpe entspricht. Über diesen Betrieb der Kühlmittelpumpe läßt sich also das Kühlmittel in dem inneren, geschlossenen Kühlkreislauf bereits zu Beginn des Betriebs der Maschine so einstellen, daß gleichzeitig mit Entstehung der Verlustwärme im Stator dafür gesorgt ist, daß die zu erwartende Verlustwärme in geeigneter Weise abgeführt wird. Man erkennt, daß mit einer derartigen "vorausschauenden" Steuerung und Regelung die Maximalleistung der Kühlmittelpumpe nicht so hoch sein muß wie bei einer anderen Regelung, beispielsweise einer hier ebenfalls möglichen, jedoch weniger bevorzugten thermostatischen Regelung; denn zu erwartende Spitzenwerte bei der Verlustleistung im Stator können durch den vorausschauenden Kühlungsbetrieb teilweise abgefangen werden.

In Abwandlung der oben beschriebenen Ausführungsform können die Kühlkanäle auch derart angeordnet sein, daß die in ihnen fließende Kühlflüssigkeit direkt die Statorspulen umspült, also eine Spulendirektkühlung erzeugt wird. Hierbei ist das beschriebene Wärmetauscherprinzip besonders wirksam, da etwaige im externen Kühlkreislauf enthaltene Fremdkörper nicht an die Spulen gelangen können.

## Patentansprüche

1. Elektrische Maschine, mit einem Stator (12), einem Rotor (2, 52), einer Kühleinrichtung zum Kühlen des Stators (12), mit einem Kühlkreislauf, in dem eine Kühlflüssigkeit umgewälzt wird, welche als Wärmesenke für in dem Stator anfallende Wärmeenergie dient, **dadurch gekennzeichnet**, daß der innere, geschlossene Kühlkreislauf (20; 120; 220, 222) integraler Bestandteil der Maschine ist und einen Wärmetauscher (14; 64; 100; 200) aufweist, welcher Wärmeenergie aus dem Kühlkreislauf an eine externe Wärmesenke abgibt.
2. Maschine nach Anspruch 1, in
  - a) Innenläuferbauweise mit radial außen liegendem Stator (62);
  - oder
  - b) Außenläuferbauweise mit radial innen liegendem Stator (12),
 wobei der aus Statoreisen und Spulen gebildete Stator (12, 62) auf einem Statorträger (10, 60, 100, 200) gelagert ist und die Kühlflüssigkeit entweder den Stator durch Umspülen direkt kühlt oder durch Durchströmen des Statorträgers indirekt kühlt.
3. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmetauscher als zylindrischer oder hohlzylindrischer Wärmetauscherkörper (14, 64, 100, 200) ausgebildet ist und direkt an oder in dem Stator bzw. dem Statorträger integriert ist.
4. Maschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper (100; 200; 14; 64) in seinen axialen Abmessungen etwa dem Stator (12; 62) bzw. dem Statorträger (10; 60) entspricht.
5. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper an einer Stirnseite, vorzugsweise an beiden Stirnseiten des Stators bzw. des Statorträgers montiert ist und vorzugsweise dessen radiale Abmessungen nicht über- bzw. unterschreitet.
6. Maschine nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator bzw. Statorträger einerseits und der Wärmetauscher andererseits als getrennte, zusammengebaute mechanische Teile (10, 12; 100; 200; 60, 62) ausgeführt sind.
7. Maschine nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Statorträger (100; 200) und der Wärmetauscher einteilig ausgebildet sind.
8. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkreislauf eine eigene Kühlmittelpumpe (16; 116; 216) enthält.
9. Maschine nach Anspruch 8, mit einer Thermostatregelung für den Kühlkreislauf.
10. Maschine nach Anspruch 8, mit einer Steuerung, die als Eingangsgröße die abgeforderte Maschinenleistung oder einen damit zusammenhängenden Wert empfängt, daraus die zu erwartende Stator-Verlustleistung errechnet, und dementsprechend vorausschauend den Betrieb der Kühlmittelpumpe (16; 116; 216) steuert.
11. Maschine, insbesondere Generator, nach Anspruch

8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittelpumpe von dem Rotor (2) angetrieben wird.

12. Maschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (2) Zusatzmagnete (8) enthält, die die Kühlmittelpumpe des inneren Kühlkreislaufs antreiben.

13. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der innere Kühlkreislauf erste interne Kanäle (120; 220) zwischen Stator oder Statorträger und Wärmetauscher aufweist.

14. Maschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß zweite interne Kanäle (122) vorhanden sind, die mit den ersten internen Kanälen (120) den Wärmetauscher bilden und dazu den ersten Kanälen (120) benachbart sind.

15. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die externe Wärmesenke durch Kühlflüssigkeit, zum Beispiel Wasser, gebildet wird.

16. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die externe Wärmesenke Luft ist.

17. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschine einen dauermagnetisch erregten Läufer (2, 52) und elektronische Kommutierung besitzt.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

